

PAT-NO: JP02002283069A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2002283069 A

TITLE: FRICTION STIR WELDING METHOD

PUBN-DATE: October 2, 2002

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
NAKADA, TATSUO	N/A
TOYOMOTO, TOSHIHIRO	N/A
MURAKAMI, SATORU	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
AISIN KEIKINZOKU CO LTD	N/A

APPL-NO: JP2001092671

APPL-DATE: March 28, 2001

INT-CL (IPC): B23K020/12

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a friction stir welding method that satisfies desired strength without generating post-weld voids, while improvement in productivity or reduction in weight is contrived.

SOLUTION: The friction stir welding method performs T-shaped butt-welding by installing, on one surface of a first structural member 5, a groove 7 having a width w_7 larger than the thickness t_6 of a second structural member 6, by assembling the second structural member 6 into this groove 7 and by inserting, from the other surface 5a of the first structural member 5, a probe 3 projectingly provided at the tip end of a rotor 2 so as to carry out friction stirring. In this friction stir welding method, for the purpose of making the material of the stirred structural members 5, 6 plastically flow to fill a space S between the first and the second structural member 5, 6 in the groove 7, the diameter D of the rotor 2 in a shoulder 4 is set not less than 2.5 times as large as the diameter d of the probe 3, and also, the inclination θ of the probe 3 is set at 3° or larger against the perpendicular of the surface near the friction-stirring part of the first structural member 5.

COPYRIGHT: (C)2002,JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2002-283069
(P2002-283069A)

(43)公開日 平成14年10月2日(2002.10.2)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード*(参考)
B 2 3 K 20/12	3 1 0	B 2 3 K 20/12	3 1 0 4 E 0 6 7
// B 2 3 K 103:10		103:10	

審査請求 未請求 請求項の数1 O L (全 6 頁)

(21)出願番号 特願2001-92671(P2001-92671)

(22)出願日 平成13年3月28日(2001.3.28)

(71)出願人 000100791

アイシン軽金属株式会社

富山県新湊市奈呉の江12番地の3

(72)発明者 中田 竜夫

富山県新湊市奈呉の江12番地の3 アイシン軽金属株式会社内

(72)発明者 豊本 敏弘

富山県新湊市奈呉の江12番地の3 アイシン軽金属株式会社内

(72)発明者 村上 哲

富山県新湊市奈呉の江12番地の3 アイシン軽金属株式会社内

Fターム(参考) 4E067 AA05 BG00 BG02 DA13 DA17

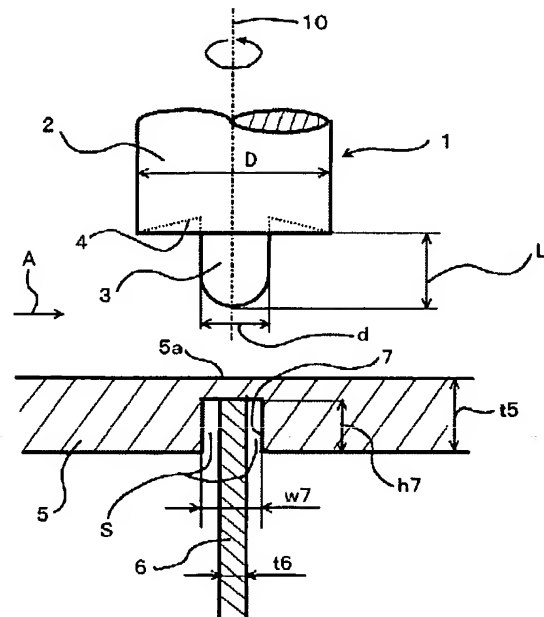
DC07 EA07 EB00

(54)【発明の名称】 摩擦攪拌接合方法

(57)【要約】

【課題】生産性の向上や軽量化を図りながら、接合後に空洞を発生させることなく所望の強度を満足させる摩擦攪拌接合方法を提供すること。

【解決手段】第1構造部材5の一方の面に第2構造部材6の肉厚 t_6 より大きな幅 w_7 の溝7が設けられ、この溝7に第2構造部材6を組み付け、第1構造部材5の他方の面5aより回転子2の先端に突設されたプローブ3を挿入し摩擦攪拌させてT字型の突合わせ接合をする摩擦攪拌接合方法において、攪拌された構造部材5、6の材料が塑性流動して前記溝7における第1構造部材5と第2構造部材6との間の隙間Sを充填するように、ショルダー4における前記回転子2の直径Dを前記プローブ3の直径 d の2.5倍以上とし、前記プローブ3が前記第1構造部材5の摩擦攪拌される部位近傍の表面の垂線に対する傾斜角 θ を 3° 以上傾斜させて摩擦攪拌接合した。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1構造部材の一方の面に第2構造部材の肉厚より大きな幅の溝が設けられ、この溝に第2構造部材を組み付け、第1構造部材の他方の面より回転子の先端に突設されたプローブを挿入し摩擦攪拌させてT字型の突合わせ接合をする摩擦攪拌接合方法において、攪拌された第1構造部材及び第2構造部材の材料が塑性流動して前記溝における第1構造部材と第2構造部材との間の隙間を充填するように、前記回転子のショルダー部の直径が前記プローブの直径の2.5倍以上であり、前記回転子の接合方向後方のショルダーが第1構造部材に食い込む方向に前記プローブが前記第1構造部材の摩擦攪拌される部位近傍の表面の垂線に対する傾斜角を3°以上傾斜して摩擦攪拌することを特徴とする摩擦攪拌接合方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば自動車のフレーム用アルミニウム合金製構造部材をT字型の突合わせ接合をする方法、特に、摩擦攪拌接合方法に関する。

【0002】

【従来の技術】自動車のフレーム用構造部材は、車両の軽量化の観点からアルミニウム合金が多く使用されるようになってきた。このようなアルミニウム合金製構造部材をT字型の突合わせ接合をする方法としては、TIG、MIG等のアーク溶接が一般的であるが、溶接熱により接合部近傍が軟化し強度が低下する恐れがあった。

【0003】そこで、例えば特開平11-28581号公報に示されるように、第1部材に設けられた溝に第2部材を嵌合し、第1部材の溝の反対側の面より摩擦攪拌用プローブを作用せしめて接合する摩擦攪拌接合が知られている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記した公報に示される摩擦攪拌接合においては、アーク溶接よりも低い温度で接合できるため、接合時の熱による強度低下を少なくすることができる。しかしながら、第2構造部材における第1構造部材の溝に嵌合される部位または第2構造部材全体を厚肉にするため、生産性や軽量化に反するという問題があった。

【0005】また、第1構造部材の溝を深くし薄肉の第2構造部材を嵌合させる場合、特に、第1構造部材が鋳造により溝が設けてあったり、第2構成部材が口型・田型等断面のアルミニウム合金押出材であったりするときは、加工精度上第1構成部材と第2構造部材との間に隙間（スキ）が生じ、接合後に空洞が発生することにより接合強度が低下するという問題があった。

【0006】それゆえ、本発明は、生産性の向上や軽量化を図りながら、接合後に空洞が発生させることなく所

望の強度を満足させる摩擦攪拌接合方法を提供することを、その技術的課題とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記した技術的課題を解決するために講じた本発明による摩擦攪拌接合方法は、第1構造部材の一方の面に第2構造部材の肉厚より大きな幅の溝が設けられ、この溝に第2構造部材を組み付け、第1構造部材の他方の面より回転子の先端に突設されたプローブを挿入し摩擦攪拌させてT字型の突合わせ接合をする摩擦攪拌接合方法において、攪拌された第1構造部材及び第2構造部材の材料が塑性流動して前記溝における第1構造部材と第2構造部材との間の隙間を充填するように、前記回転子のショルダー部の直径が前記プローブの直径の2.5倍以上であり、前記回転子の接合方向後方のショルダーが第1構造部材に食い込む方向に前記プローブが前記第1構造部材の摩擦攪拌される部位近傍の表面の垂線に対する傾斜角を3°以上傾斜して摩擦攪拌することを特徴とする。

【0008】上記した本発明による摩擦攪拌接合においては、攪拌された構造部材の材料が塑性流動して溝の隙間を充填するので、接合後に空洞が発生させることなく、所望の強度を満足させることができる。

【0009】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

【0010】図1及び図2は、本発明による摩擦攪拌接合方法の一実施形態を示すもので、図1は第1構成部材5と第2構成部材6とを組み合わせた状態を示す横断面図、図2はプローブ3を挿入して摩擦攪拌させている状態を示す縦断面図（図1におけるA視）である。

【0011】図1に示すように、第1構造部材5の一方の面に溝7が設けられ、この溝7に第2構成部材6が組み付けられる。溝7の溝幅w7は、第2構成部材6の肉厚t6より大きく設定されているので、第2構成部材6を第1構成部材5に組み付けた状態では、溝7には第1構成部材5と第2構成部材6との間に隙間Sが生じている。

【0012】また、摩擦攪拌接合用治具1は、円柱状の回転子2と、回転子2の回転軸10上の先端に突設されたプローブ3とで構成され、駆動装置（図示せず）により高速で回転が可能である。プローブ3の直径dは、ショルダー4における回転子2の直径Dよりも小さく、第1構成部材5の溝7の溝幅w7よりも大きく設定されている。回転子2のショルダー4は、外周からプローブ3に向かって傾斜した凹面となっており、プローブ3の先端は球状に形成されている。尚、効果的に摩擦攪拌するために、プローブ3の外周面にねじ構造等の凹凸を形成してもよい。

【0013】第1構成部材と第2構成部材との接合は、図2に示すように、回転子2及びプローブ3を高速で回

転させながら、溝7に第2構成部材6を組み付けた状態で第1構成部材5の溝7の反対の面5aより、回転子2の接合方向8後方のショルダー4aが第1構成部材5の面5aに食い込む方向に回転子2及びプローブ3が面5aの垂線11に対する回転軸10の傾斜角である先進角 θ で傾斜して、プローブ3を第2構成部材6に及ぶように挿入させると共に、回転子2のショルダー4を第1構成部材5の面5aに接触させ、溝7に沿って移動させることで摩擦攪拌接合を行う。

【0014】このとき、回転子2を回転させることにより、プローブ3及びショルダー4と構成部材5、6との摺動で摩擦熱が発生し、摩擦攪拌接合用治具1の接触部近傍の構成部材5、6の材料が軟化と共に攪拌させられ、塑性流動して隙間Sをも充填して第1構成部材5と第2構成部材6とを接合することができる。

【0015】つまり、先進角 θ で傾斜している回転子2におけるショルダー4の接触部近傍である第1構成部材5の溶融部9（図2において断面三角形の所）の材料が、塑性流動して第1構成部材の他部位及び第2構成部材の材料と混ざり合って隙間Sを充填して、図3に示すように、空洞の無い接合部12が得られる。

【0016】ここで、回転子2のショルダー4部の直径Dがプローブ3の直径dの2.5倍未満、もしくは、先進角 θ が3°未満では、構成部材5、6の材料を塑性流動させる効果は十分でないため、直径Dは直径dの2.5倍以上、先進角 θ は3°以上が望ましい。更に、この回転子2の直径D及び先進角 θ は、接合部のスペースや*

*摩擦熱による影響等をも考慮し総合的に決定される。

【0017】次に、本発明の実施例について、比較例と比較して具体的に説明する。

【0018】実施例及び比較例共に、図1及び図2示すような形態において、肉厚t5が5mmのアルミニウム合金圧延材（A5052）である第1構成部材5に、深さh7が4mmで表1に示す溝幅w7の溝7を設け、この溝7に肉厚t6が2mmのアルミニウム合金押出材（A6N01-T5）である第2構成部材6を組み付け、面5aより、表1に示す直径D及び直径dの摩擦攪拌接合用治具1を先進角 θ にて挿入し、回転速度2500rpm、接合速度（移動速度）300mm/minの条件にて摩擦攪拌接合を行った。尚、いずれの摩擦攪拌接合用治具1においても、ショルダー4は凹面、プローブ3は先端が球状、長さLが4.5mmとした。

【0019】十分に冷却固化したあと、接合部2の外観及び内部を調査することにより接合性評価を行った。例えば、図4に示すように、接合部22の外観22aに欠陥が無くても内部に空洞22bのような欠陥があれば、接合性は大きく損なわれる。そこで、外観は目視にて、内部はX線透過装置及び接断面の観察にて欠陥（空洞も含む）の有無を調べ、外観及び内部それぞれにおいて、 $\phi 1\text{mm}$ 以上の欠陥が有れば×、 $\phi 1\text{mm}$ 未満の欠陥が有れば△、欠陥が認められなければ○と判定した。これらの結果も、表1に併せて示した。

【0020】

【表1】

		回転子 直径 D (mm)	プローブ 直径 d (mm)	D/d	先進角 θ (°)	溝幅 w7 (mm)	肉厚 t6 (mm)	隙間の幅 w7-t6 (mm)	接合性評価	
									外観	内部
実施例	1	15	6	2.5	3.0	2.2	2.0	0.2	○	○
	2					2.5	2.0	0.5	○	○
	3					2.7	2.0	0.7	○	○
	4					3.0	2.0	1.0	○	○
	5					3.6	3.0	0.6	○	○
	6					4.0	3.0	1.0	○	○
比較例	7	10	6	1.7	0.5	2.2	2.0	0.2	○	△
	8					2.5	2.0	0.5	○	×
	9					2.7	2.0	0.7	△	×
	10					3.0	2.0	1.0	×	×
	11					3.6	3.0	0.6	△	×
	12					4.0	3.0	1.0	×	×

【0021】表1に示すように、回転子2の直径Dをプローブ3の直径dの2.5倍、先進角 θ を3°にした実施例1～6は、外観及び内部共に欠陥は認められず、いずれも比較例7～12と比べて接合性の良いことが確認できた。それに対して、比較例7～12は、外観に欠陥の認められない例もあるが、内部には空洞が生じており、接合性の悪いことが明らかとなった。

【0022】上記のように、本発明による摩擦攪拌接合によれば、加工精度上及び組み付け上において必要とされる隙間SのあるT字型の突合わせ接合であっても、摩※50

※摩擦攪拌による材料の塑性流動により隙間Sが充填され、接合後に空洞がなく接合性の良い、強度上好ましい構造材を得ることができる。また、第1構成部材に溝7を設けたことにより、接合時の位置ずれも少なく、組み付け性も良好である。

【0023】更に、他のアーク溶接等の接合と比較すると、接合による強度低下も少なく、例えば、図5に示すような自動車の構造材であるバンパリアンホースメント13を固定すると共に車両の衝突時の衝撃を吸収するクラッシュボックス14に実施しても、優れた性能を得る

ことができる。

【0024】クラッシュボックス14は、図6に示すように、肉厚 t 15が5mmのアルミニウム圧延材(A5052)である第1構成部材15に、肉厚が2mmの田型断面(外壁が100×60mm、押出方向長さ200mm)のアルミニウム合金押出材(A6N01-T5)である第2構成部材16を組み付け、図7に示すように、第1構成部材15の面15aより、実施例1〜6と同様の摩擦攪拌接合用治具1及び条件にて摩擦攪拌接合される。第1構成部材15の面15aの反対の面には、第2構成部材16が組み付くように、深さ4mmで溝幅2.2〜2.7mmの溝17が田型に設けてある。

【0025】図8に示すように、本発明による摩擦攪拌接合にて接合されたクラッシュボックス14は、熱による硬度低下した接合部近傍の領域が、従来のアーク溶接と比べて小さくなっていることがわかり、また、クラッシュボックス14を第2構成部材16の押出方向に軸圧壊させたときのエネルギー吸収量は、図9に示すように、従来のアーク溶接よりも大きくなっており、優れた性能を有していることがわかる。

【0026】同様に、図10に示すような自動車の構造部材であるインストルメントパネルのリンホースメント23に実施してもよい。図11(図10におけるB-B断面)に示すように、リンホースメント23は、肉厚 t 25が5mmのアルミダイカスト材(ADC12)である第1構成部材25(取り付け部材)に、肉厚 t 26が1.6mmの円形断面(直径70mm)のアルミニウム合金押出材(A6N01-T5)である第2構成部材26を組み付け、第1構成部材25の面25aより、実施例1〜6と同様の摩擦攪拌接合用治具1及び条件にて摩擦攪拌接合される。但し、先進角 θ を4°にすることにより、第1構成部材25の面25aの反対の面には、第2構成部材26が組み付くように、深さ4mm、溝幅 w 27が2.0mmで抜き勾配のある溝27が円型に設けてあるが、摩擦攪拌によって構成部材25、26の材料が塑性流動して隙間S2を充填して、空洞の無い接合とすることができる。

【0027】

【発明の効果】以上の如く、本発明による摩擦攪拌接合によれば、生産性の向上や軽量化を図りながら、接合後に空洞が発生させることなく、接合後の構造材の強度や性能を満足させることができる。また、加工精度が不十分なことに起因する隙間(スキ)を許容しているにもかかわらず、接合部に欠陥もなく良好な接合品質を維持することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による摩擦攪拌接合方法の一実施形態を示すもので、第1構成部材と第2構成部材とを組み合わせた状態(接合前)を示す横断面図である。

【図2】図1に示す実施形態で、プローブを挿入して摩擦攪拌させている状態を示す縦断面図(図1におけるA視)である。

【図3】図1に示す実施形態の接合後を示す横断面図である。

【図4】接合部に欠陥(空洞)のある接合後を示す横断面図である。

【図5】本発明の方法を実施した自動車の構造材の一例を示すクラッシュボックスにバンパリインホースメントを固定した状態を示す斜視図である。

【図6】図5のクラッシュボックスの第1構成部材と第2構成部材とを組み合わせる前の状態を示す斜視図である。

【図7】図5のクラッシュボックスの第1構成部材と第2構成部材とを接合中の状態を示す斜視図である。

【図8】本発明及び従来の溶接により接合されたクラッシュボックスにおける接合部からの距離と硬度の関係を示す図である。

【図9】本発明及び従来の溶接により接合されたクラッシュボックスにおける衝突時のエネルギー吸収特性を示す荷重-変形量線図である。

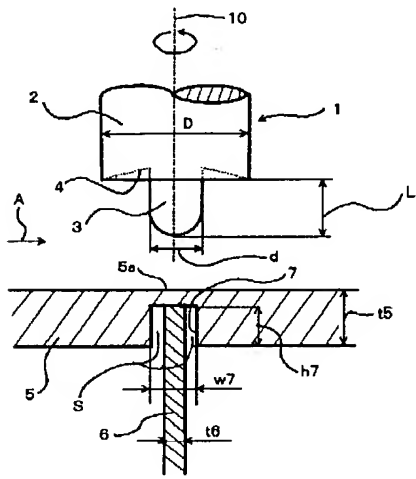
【図10】本発明の方法を実施した自動車の構造材の別の一例を示すインストルメントパネルのリンホースメントを示す斜視図である。

【図11】図10のリンホースメントの第1構成部材と第2構成部材とを組み合わせた状態(接合前)を示す横断面図(図10におけるB-B断面)である。

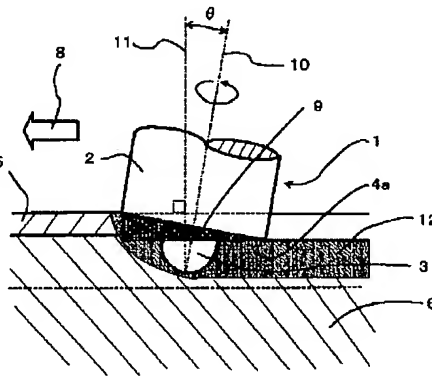
【符号の説明】

- | | |
|----------|--------------|
| 1 | 摩擦攪拌接合用治具 |
| 2 | 回転子 |
| 3 | プローブ |
| 4 | ショルダー |
| 5 | 第1構成部材(構成部材) |
| 5a | 面 |
| 6 | 第2構成部材(構成部材) |
| 7 | 溝 |
| 8 | 接合方向(進行方向) |
| d | プローブの直径 |
| D | 回転子の直径 |
| S | 隙間(スキ) |
| t6 | 肉厚 |
| w7 | 溝幅 |
| θ | 先進角(傾斜角) |

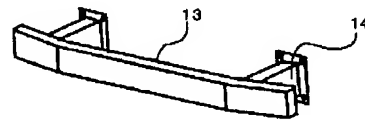
【図1】



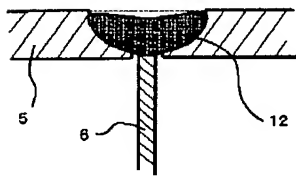
【図2】



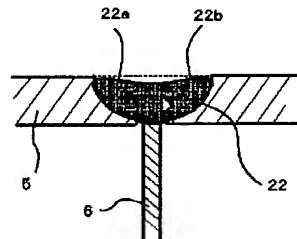
【図5】



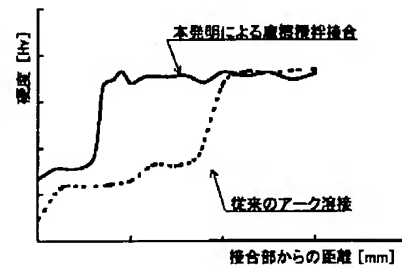
【図3】



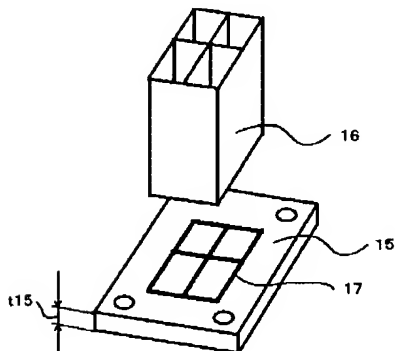
【図4】



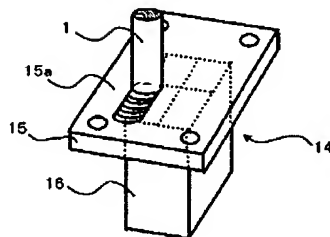
【図8】



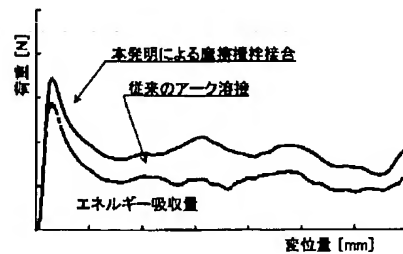
【図6】



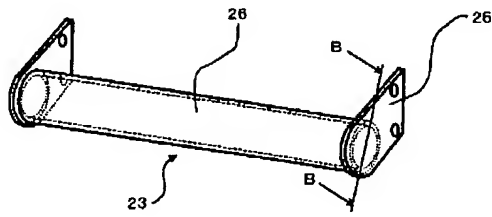
【図7】



【図9】



【図10】



【図11】

